

DTG3F3
Teknik Antena
dan propagasi



Pengukuran Antena

By : Dwi Andi Nurmantris



Contents



1

Pendahuluan

2

Persyaratan Umum Pengukuran Antena

3

Teknik-teknik pengukuran Antena

4

Pengukuran Pola Radiasi

5

Pengukuran Gain

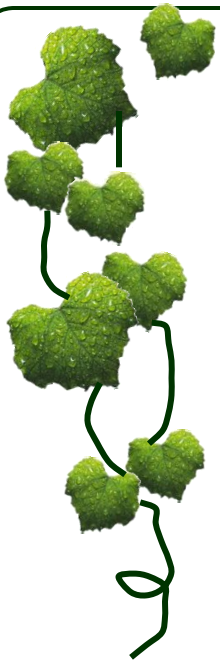
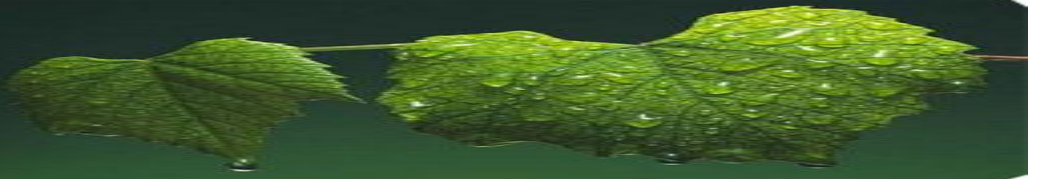
6




Pengukuran Impedansi, VSWR, & Bandwidth

7

Pengukuran Polarisasi

Where are We ?



-  **PENDAHULUAN** 
-  **Persyaratan Umum Pengukuran Antena**
-  **Teknik-teknik pengukuran Antena**
-  **Pengukuran Pola Radiasi**
-  **Pengukuran Gain**
-  **Pengukuran Impedansi, VSWR, & Bandwidth**
-  **Pengukuran Polarisasi**

Referensi

Materi di ambil dari berbagai sumber :

"ANTENNAS"

Oleh John D. Kraus

Dan

"ANTENNAS

FROM THEORY TO PRACTICE"

Oleh Yi Huang dan Kevin Boyle

Dan

"ANTENNA THEORY

ANALYSIS AND DESIGN"

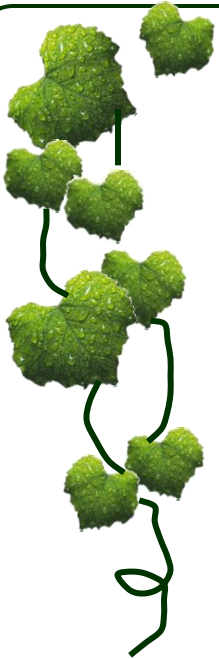
oleh Constantine A. Balanis

Dan

IEEE Standard Test Procedures for Antennas, IEEE Std 149-1979,
Published by IEEE, Inc., 1979, Distributed by Wiley-Interscience.

Dan

W. H. Kummer and E. S. Gillespie, "Antenna Measurements —
1978," Proc. IEEE, Vol. 66, No. 4, pp. 483 - 507, April 1978.



Pendahuluan

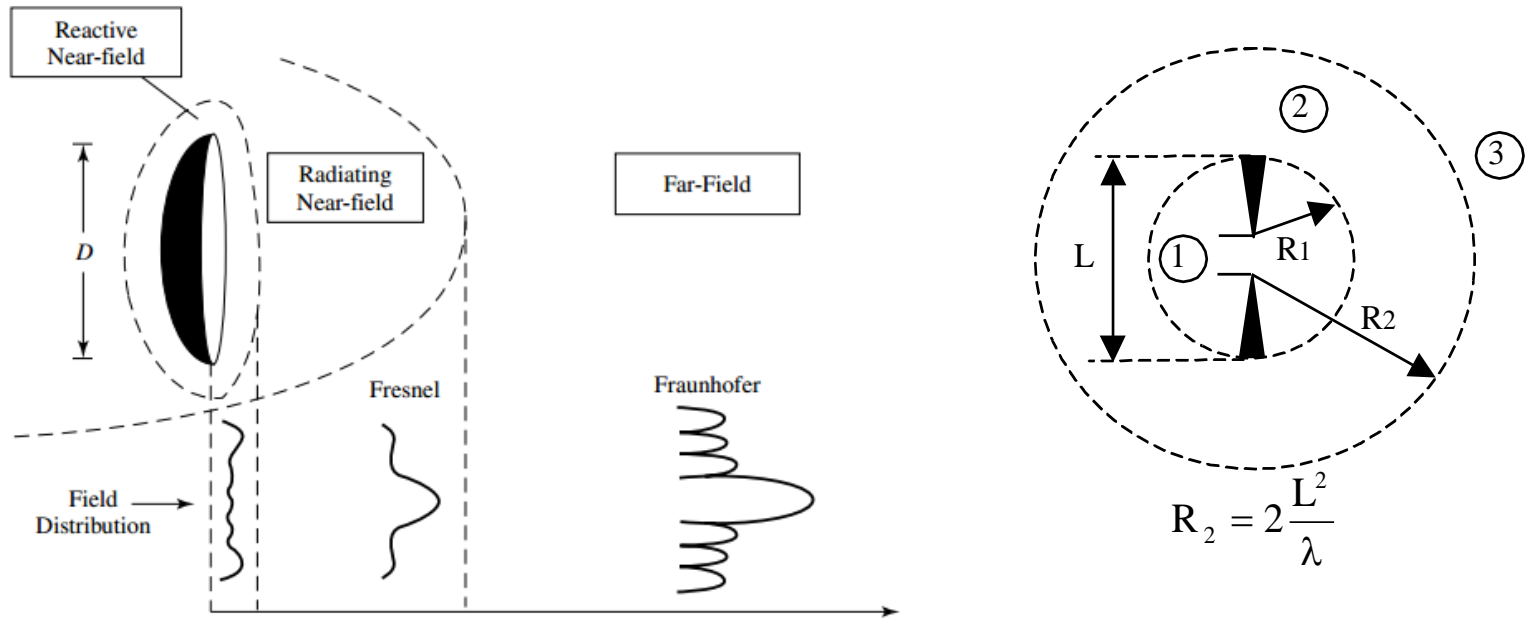
Tujuan Pengukuran Antena

- ❑ Untuk melihat karakteristik dari antena yang telah didesain. Karena tidak semua jenis antena mudah untuk dianalisis, ada banyak juga antena yang tidak dapat diteliti secara analitis disebabkan karena struktur dan metoda pencatuannya yang sangat rumit.
- ❑ Untuk menguji data-data teoritis yang didapat dari hasil sintesa dan analisis

Pendahuluan

Daerah Antena

- **Daerah 1 : Daerah antena/Reactive near-field**, benda-benda di daerah ini saling mempengaruhi dengan antena (impedansi dan pola pancar) → distribusi medan tergantung jarak
- **Daerah 2 : Daerah medan dekat / daerah Fresnell**, di daerah ini medan listrik dan magnet belum transversal penuh → Distribusi medan masih tergantung jarak
- **Daerah 3 : Daerah medan jauh/ daerah Fraunhofer**, di daerah ini, medan listrik dan magnet transversal penuh dan keduanya tegak lurus terhadap arah perambatan gelombang → Distribusi medan tidak tergantung dari jarak



Pendahuluan

Kesulitan-kesulitan dalam Pengukuran Antena

- Untuk antena besar, diperlukan pengukuran diagram arah yang terlalu jauh. Persoalannya adalah bahwa pantulan dengan berbagai benda-benda di sekitar daerah pengukuran akan sulit dihindari
- Sering tidak praktis untuk memindahkan antena dari tempat operasi ke tempat pengukuran
- Untuk sistem pengukuran outdoor, umumnya akan bergantung pada cuaca saat pengukuran
- Teknik pengukuran membutuhkan peralatan dan biaya yang sangat mahal

$$r > \frac{2L^2}{\lambda}$$

Sebagian dari kesulitan-kesulitan yang dihadapi tersebut dapat dipecahkan dengan :

- Pemakaian teknik tertentu, seperti pengukuran medan dekat untuk prediksi medan jauh (Nearfield-Farfield Measurement)
- Pengukuran dengan model diskalakan
- Pemakaian peralatan khusus, misalnya : Otomatisasi dan komputerisasi, serta pemakaian ruang tanpa gema (Anechoic Chamber)

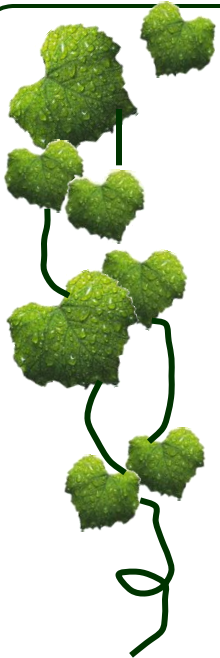
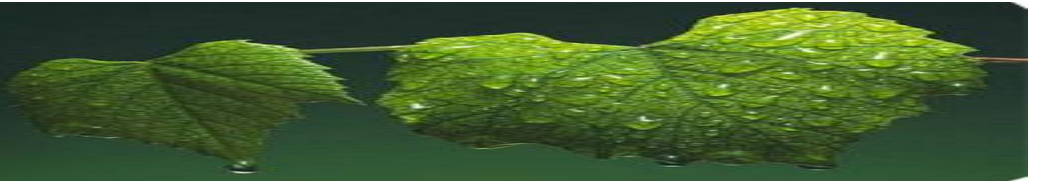
Pendahuluan

Karakteristik Antena yang Diukur

- Pola Radiasi
- Gain
- Impedansi, VSWR, dan Bandwidth
- Polarisasi



Where are We ?

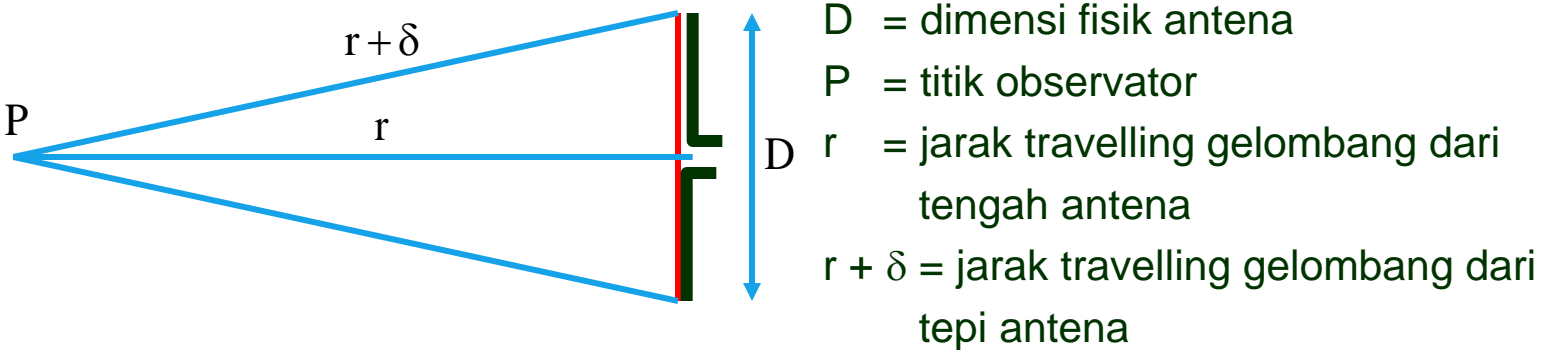


- 1 **PENDAHULUAN** 😊
- 2 **PERSYARATAN UMUM PENGUKURAN ANTENA** 😊
- 3 Teknik-teknik pengukuran Antena
- 4 Pengukuran Pola Radiasi
- 5 Pengukuran Gain
- 6 Pengukuran Impedansi, VSWR, & Bandwidth
- 7 Pengukuran Polarisasi

Persyaratan Umum Pengukuran Antena

Kebanyakan antena diukur sebagai penerima, sehingga diperlukan persyaratan ideal pengukuran, yaitu: Medan gelombang datar uniform (*Uniform Plane Wave*), *beda fasa* dan *amplitudo*

I. Beda fasa dari medan yang diterima di tiap titik elemen antena diinginkan = 0,



$$\text{Beda fasa} = \frac{2\pi}{\lambda} \delta = 360^\circ \times \frac{\delta}{\lambda}$$

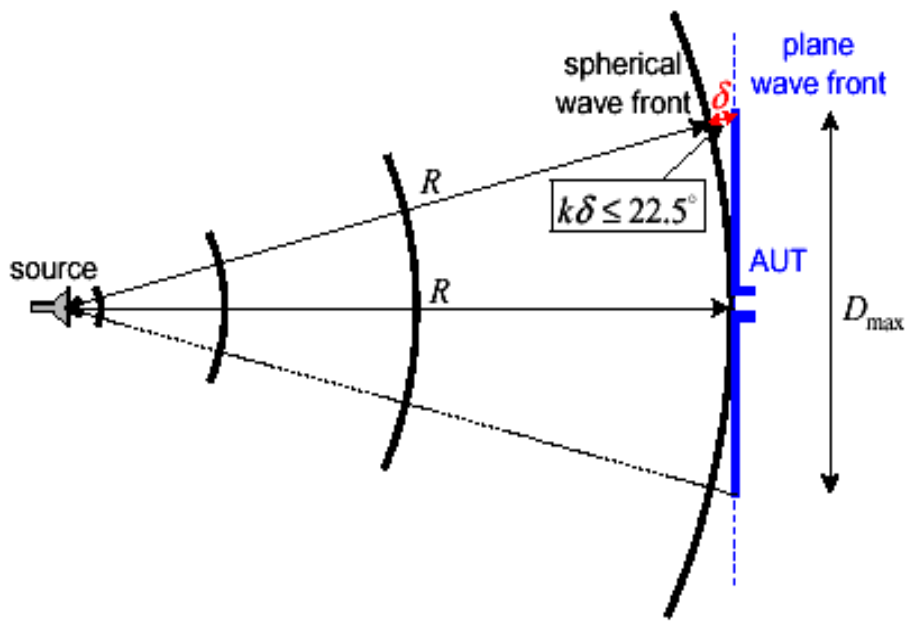
Dari Phytagoras, didapatkan :

$$(r + \delta)^2 = r^2 + \frac{D^2}{4} \quad \delta \ll D \quad \delta \ll r \quad \rightarrow \quad r \approx \frac{D^2}{8\delta}$$

$$\delta \approx \frac{D^2}{8r}$$

Dari rumusan yang didapatkan, beda fasa = 0 akan dicapai pada jarak r tak berhingga (Tidak mungkin diaplikasikan) \rightarrow Perlu toleransi !!

Persyaratan Umum Pengukuran Antena



Sehingga, kemudian....

Cutler, King, dan Koch merekomendasikan toleransi beda fasa sebesar $22,5^\circ$ atau

$$\delta = \frac{\lambda}{16}$$

Sehingga, jarak minimum pengukuran antena adalah :

$$r \approx \frac{D^2}{8\delta}$$

$$\delta = \frac{\lambda}{16}$$

$$r_{\min} \approx \frac{2D^2}{\lambda}$$

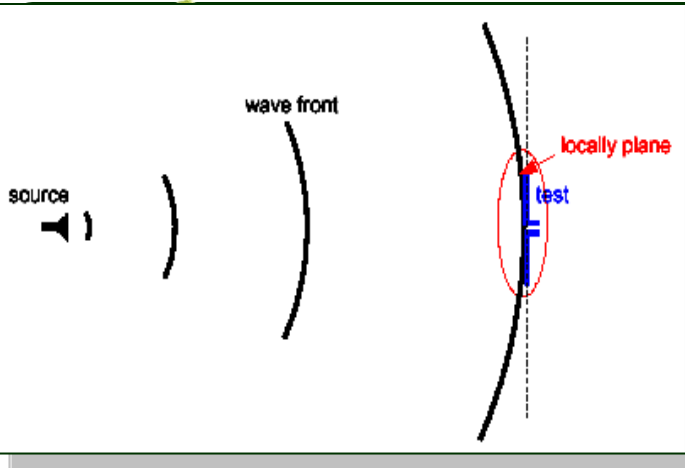
atau

$$r_{\min} \approx \frac{kD^2}{\lambda}$$

Asumsi jarak ini sering dipakai sebagai persyaratan medan jauh !!

Sebagai rumusan umum jika diinginkan toleransi beda fasa lainnya

Persyaratan Umum Pengukuran Antena



II. Amplitudo dari kuat medan yang diterima di tiap titik elemen antena diinginkan uniform

- Lengkung (taper) amplitudo harus cukup kecil
- Ripple amplitudo harus cukup kecil
- Polarisasi silang (cross polarisation) harus kecil (*High polarization Purity*)
- Pada range pengukuran outdoor, variasi kuat medan dapat disebabkan oleh interferensi gelombang langsung dan gelombang pantul dari tanah atau objek lain

Variasi medan hendaknya $\leq 0,25$ dB

Persyaratan Umum Pengukuran Antena

III. Hal berikutnya yang harus diperhatikan, untuk menghindari kesalahan ukur :

Keinginan untuk mencapai :

- Frekuensi sistem stabil
- Kriteria medan jauh dipenuhi
- Lingkungan bebas pantulan / refleksi
- Lingkungan bebas noise dan interferensi benda sekeliling
- Impedansi dan polarisasi yang sesuai
- Antena diarahkan sesuai/berimpit dgn sumbu utama

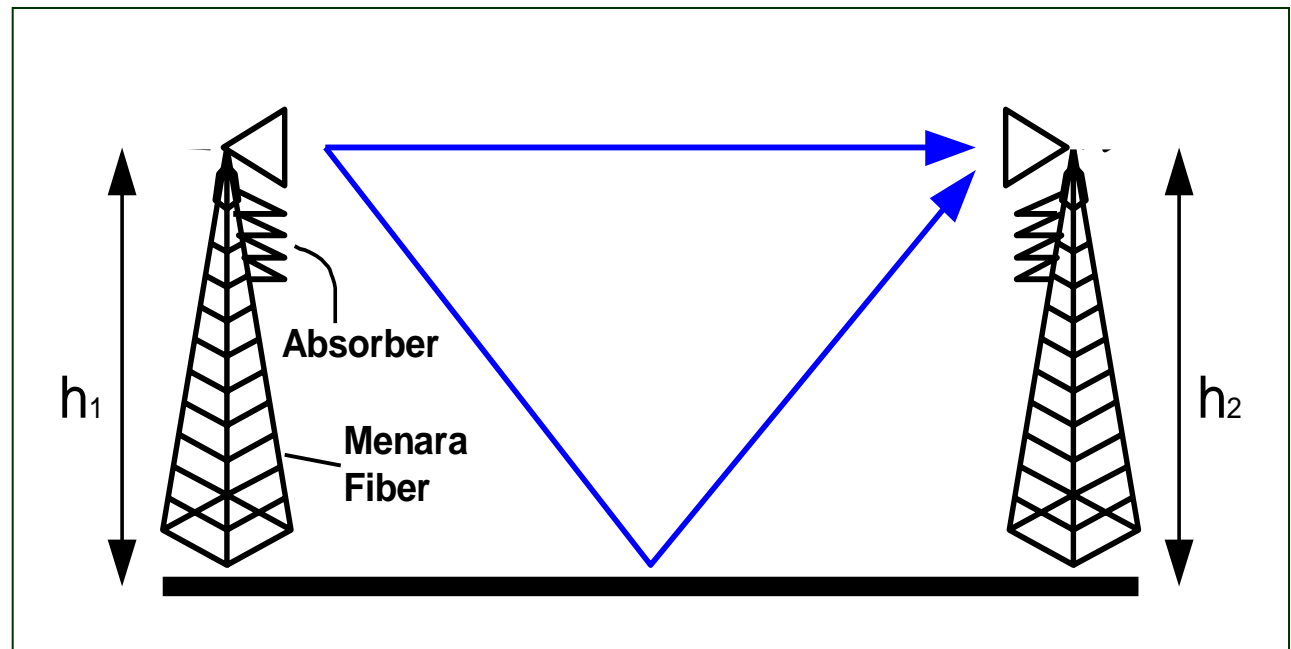
Namun kondisi ideal di atas sangat sulit dicapai karena kondisi-kondisi yang melekat saat pengukuran, yaitu :

- Pengukuran antena sering selalu dipengaruhi pantulan gelombang yang tidak diinginkan
- Pengukuran ideal akan memerlukan jarak ukur yang terlalu besar
- Sangat kompleks jika melibatkan sistem antena keseluruhan (Misal : pengukuran antena pada pesawat)
- Pengukuran Outdoor memberikan kondisi lingkungan EM yang tidak terkontrol
- Pengukuran Indoor tidak mengakomodasikan pengukuran antena-antena besar
- Secara umum teknologi pengukuran antena sangat mahal

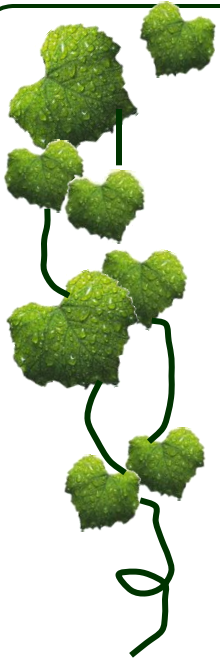
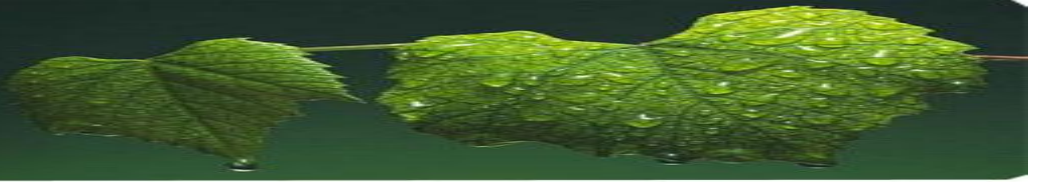
Persyaratan Umum Pengukuran Antena

Untuk mengurangi pengaruh refleksi, terutama yang berasal dari pantulan tanah :

- Menara dibuat sangat tinggi
- Penggunaan *absorber* pada menara
- Bahan menara terbuat dari *fiber glass*
- Pada antena dengan gain sangat tinggi → beam ke tanah lemah



Where are We ?



- 1 ✓ PENDAHULUAN 
- 2 ✓ PERSYARATAN UMUM PENGUKURAN ANTENA 
- 3 ✓ TEKNIK-TEKNIK PENGUKURAN ANTENA 
- 4 Pengukuran Pola Radiasi
- 5 Pengukuran Gain
- 6 Pengukuran Impedansi, VSWR, & Bandwidth
- 7 Pengukuran Polarisasi

Teknik-teknik Pengukuran Antena

Berkaitan dengan lingkungan saat pengukuran, terdapat 2 macam Medan ukur (pada referensi yang lain disebut *Antenna Range*), yaitu :

(1) Medan Refleksi (*Reflection Ranges*)

- Medan langsung dan pantul membentuk penurunan yang kecil simetris ke tepi
- Desain medan ukur refleksi cukup kompleks dan tergantung pada koefisien refleksi tanah. Parameter desain utamanya adalah menentukan ketinggian AUT (*Antenna Under Test*)

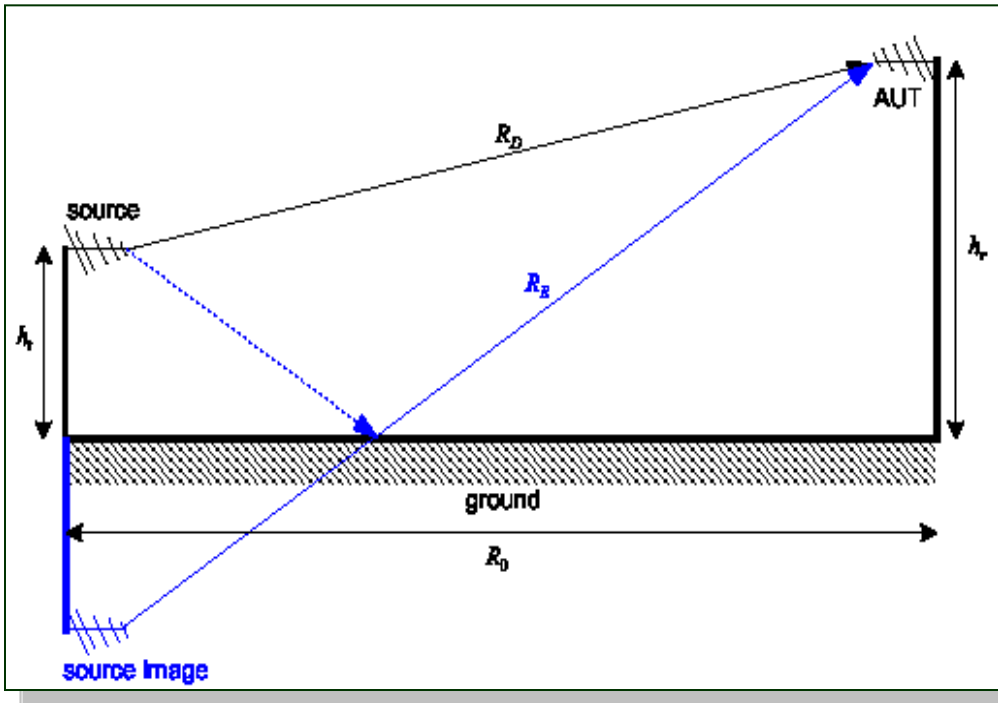
(2) Medan Ruang Bebas (*Free Space Ranges*)

Terdiri dari

- ***Outdoor Free Space Ranges***
 - a. Medan ditinggikan (*Elevated Range*)
 - b. Medan dimiringkan (*Slant Range*)
- ***Indoor Free Space Ranges***
 - a. *Anechoic Chamber*
 - b. *Compact Antenna Test Range (CATR)*
- ***Near Field - Far Field Method***

Teknik-teknik Pengukuran Antena

Medan Refleksi (*Reflection Ranges*)...



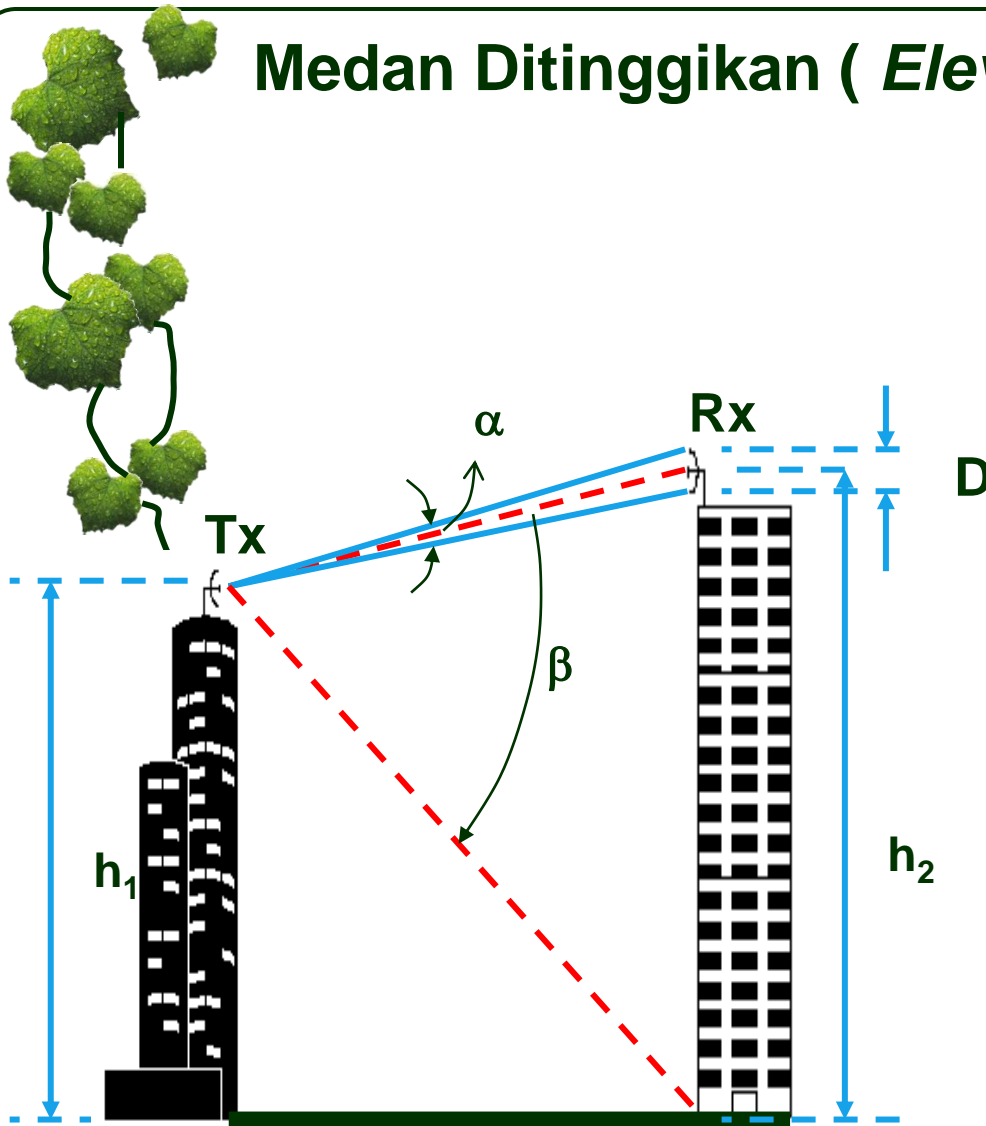
- Medan refleksi didesain sedemikian hingga gelombang pantul menjadi interferensi yang bersifat konstruktif, dan daerah tes AUT adalah daerah gelombang datar serbasama (*uniform plane wave*)
- Desain medan ukur refleksi cukup kompleks dan tergantung pada koefisien refleksi tanah. Parameter desain utamanya adalah menentukan ketinggian AUT (*Antenna Under Test*), sedangkan ketinggian antenna sumber biasanya diketahui

Detail pengukuran dengan medan refleksi dapat dilihat pada paper berikut :

L.H. Hemming and R.A. Heaton, "Antenna gain calibration on a ground reflection range," *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. AP-21, pp. 532-537, July 1977.

Teknik-teknik Pengukuran Antena

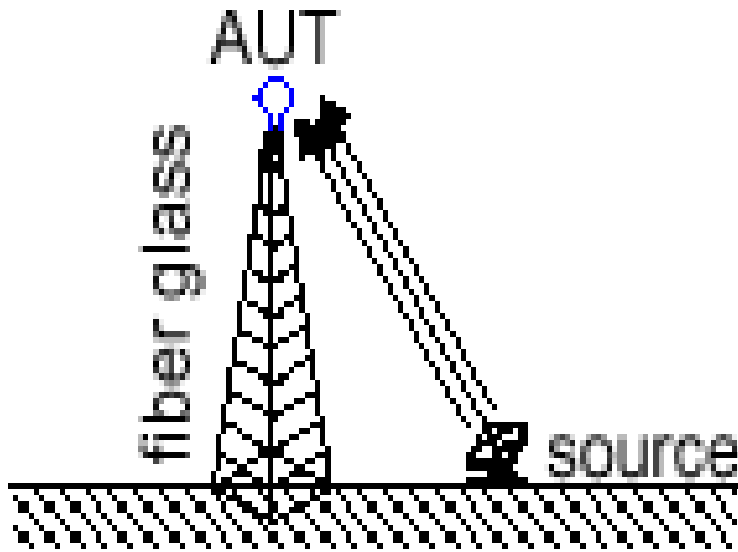
Medan Ditinggikan (*Elevated Ranges*)...



Kriteria dan persyaratan umum :

- Antena umumnya ditempatkan pada menara atau bangunan yang tinggi
- Kondisi *Line Of Sight* tercapai
- Antena sumber memiliki gain yang tinggi / side lobe rendah , sehingga energi gelombang tidak ada yang diarahkan ke permukaan bumi
- Diasumsikan bumi datar (*smooth earth*)

Teknik-teknik Pengukuran Antena



Medan Dimiringkan (*Slant Ranges*) ...

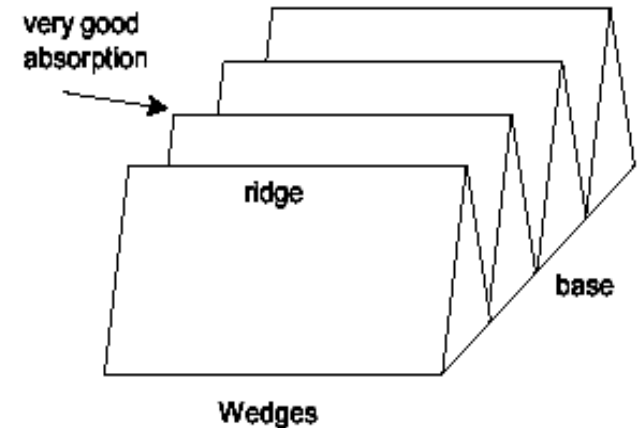
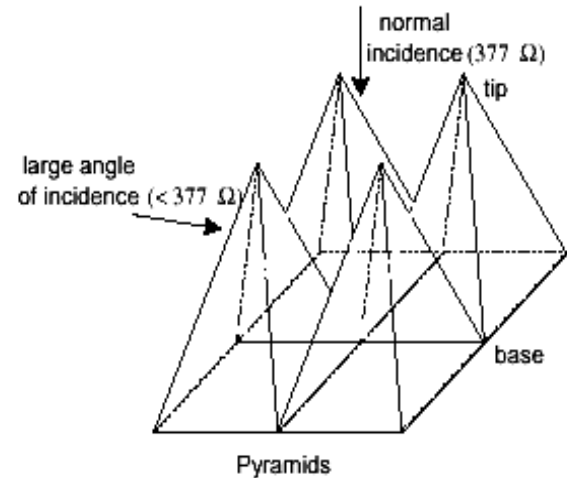
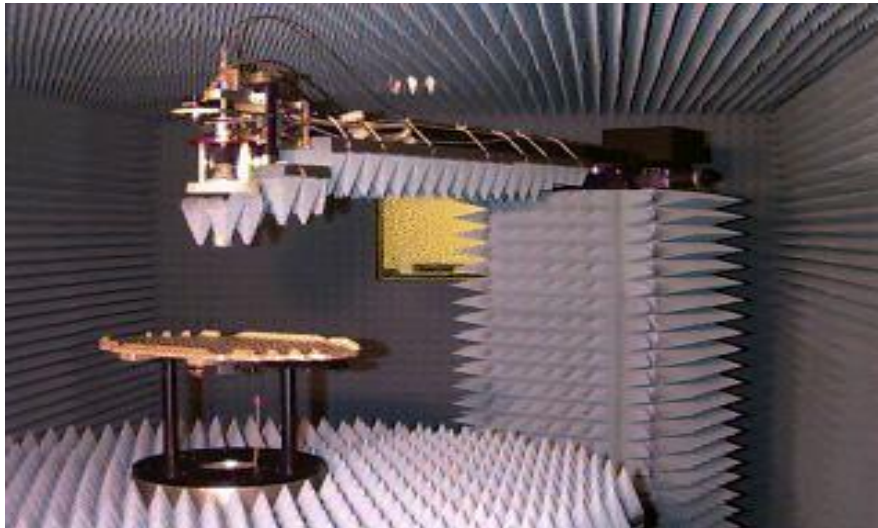
Kriteria dan persyaratan umum :

- AUT (*Antenna Under Test*) ditempatkan pada ketinggian tetap diatas *non conducting tower* (Misal : terbuat dari fiberglass)
- Antena sumber harus memiliki null ke arah tanah (atau sidelobe cukup kecil)
- Memerlukan situasi daerah terbuka untuk meminimisasi pantulan dari bangunan-bangunan

Teknik-teknik Pengukuran Antena

Anechoic Chamber ...

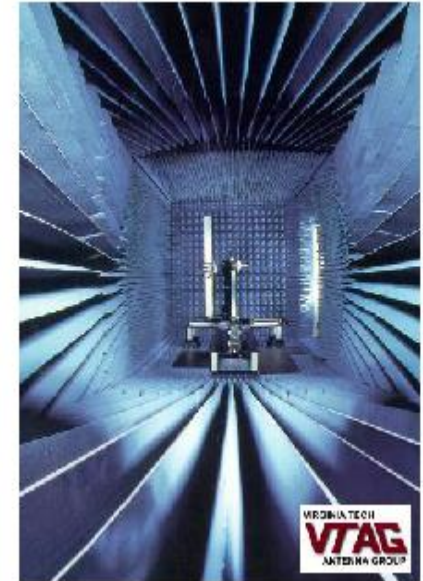
- *Anechoic Chamber* adalah ruang tanpa gema yang populer untuk pengukuran terutama untuk antena gelombang mikro.
- Anechoic chamber memberikan ketepatan pengukuran dan lingkungan elektromagnetika yang terkontrol, serta berfungsi sebagai suatu sangkar Faraday sehingga mencegah interferensi EM dari dalam dan/ke luar ruangan.



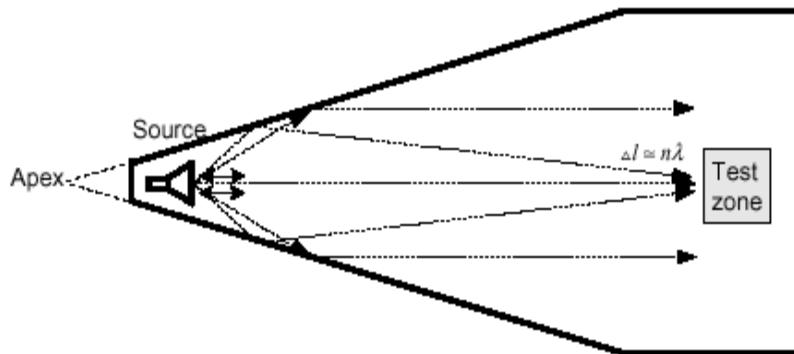
Teknik-teknik Pengukuran Antena

Anechoic Chamber ...

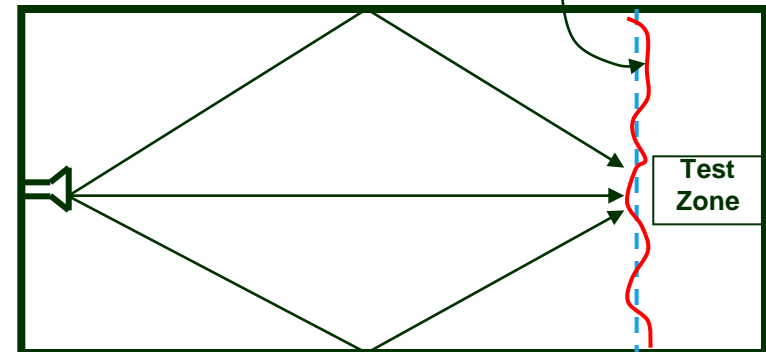
- Anechoic chamber pertamakali dikembangkan selama Perang Dunia II oleh Jerman dan Amerika Serikat. Pembuatan anechoic chamber menjadi mungkin setelah materi penyerap gelombang RF ditemukan dan tersedia secara komersial
- 2 macam tipe anechoic chamber adalah :
 - a. *Tapered chamber* (menyempit)
 - b. *Rectangular chamber* (persegi)



Ripple

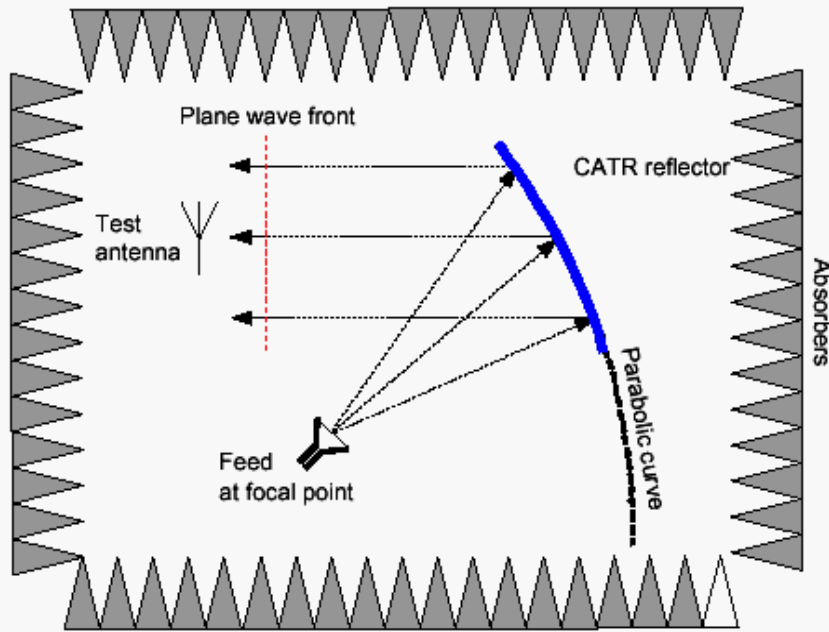


Tapered chamber



Rectangular chamber

Teknik-teknik Pengukuran Antena



Compact Antenna Test Range (CATR) ...

Batasan yang dimiliki anechoic chamber adalah jarak untuk memenuhi syarat medan jauh. Hal ini diatasi oleh 2 pendekatan :

- Pembuatan CATR yang memungkinkan pembangkitan *uniform plane wave* pada jarak yang sangat dekat menggunakan pemantul parabola
- Transformasi medan dekat ke medan jauh (*near field - far field method*)

Paraboloidal sebagai pemantul gelombang harus dibuat sepresisi mungkin dengan dimensi 3 atau 4 kali dimensi antena yang diukur untuk memberikan karakteristik *uniform plane wave* yang baik.

Daerah pengukuran antena (disebut *quiet zone*) yang dicapai CATR umumnya antara 50-60 % dari ukuran reflektor. Sedangkan phase error kurang dari 10%, dan deviasi ripple dan amplitudo taper kurang dari 1 dB

Teknik-teknik Pengukuran Antena

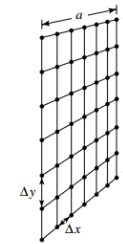
Near Field - Far Field (NF/FF) Method ...

- **Antenna Under Test** pada Mode Radiasi.
- **Amplituda medan, fasa, dan polarisasi** diukur pada medan dekat, selanjutnya data medan dekat tersebut ditransformasikan ke pola medan jauh dengan teknik analisis matematis yang diimplementasikan pada software komputer
- Pada metoda ini, probe ukur bergerak pada bidang datar, silinder atau bidang bola. Pola medan jauh akan didapatkan dengan *Fast Fourier Transform*
- **Lihat paper-paper berikut untuk mempelajari metoda NF/FF :**

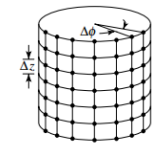
- R.C. Johnson, H.A. Ecker, and J.S. Hollis, "*Determination of far-field antenna patterns from near-field measurements,*" *Proc. IEEE*, vol. 61, No. 12, pp. 1668-1694, Dec. 1973.
- D.T. Paris, W.M. Leach, Jr., and E.B. Joy, "*Basic theory of probe compensated near-field measurements,*" *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. AP-26, No. 3, pp. 373-379, May 1978.
- E.B. Joy, W.M. Leach, Jr., G.P. Rodrigue, and D.T. Paris, "*Applications of probe compensated near-field measurements,*" *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. AP-26, No. 3, pp. 379 - 389, May 1978.
- A.D. Yaghjian, "*An overview of near-field antenna measurements,*" *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. AP-34, pp. 30-45, January 1986.

Teknik-teknik Pengukuran Antena

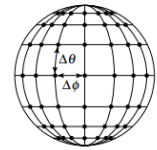
Near Field - Far Field (NF/FF) Method ...



(a) Planar scanning



(b) Cylindrical scanning



(c) Spherical scanning

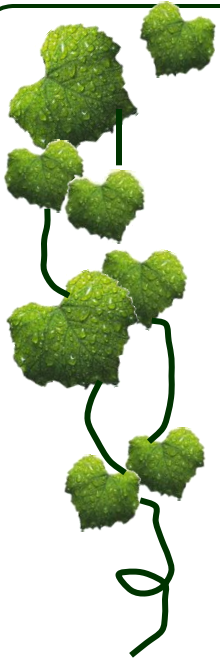
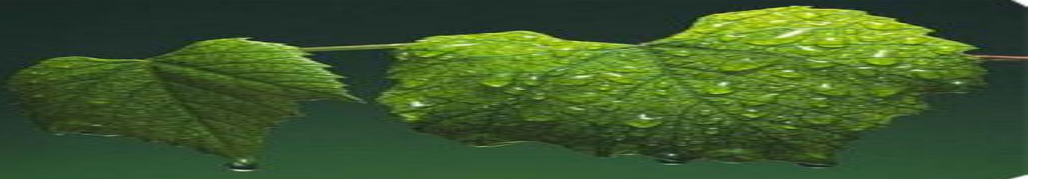
**Antenna Measurements
with Satimo StarLab
Tampere University of Technology
Department of Electronics and Telecommunications
Tiiti Kellomäki**

Teknik-teknik Pengukuran Antena

Pengukuran model diskalakan

- Pada pemakaian di kapal laut, kapal terbang, pesawat ruang angkasa yang besar dan sebagainya, jika dilakukan pengukuran sesungguhnya maka struktur bisa sangat besar sehingga antena tidak bisa dipindahkan ke medan ukur untuk di ukur.
- Selain itu pemindahan akan menghilangkan atau mengganti keadaan lingkungan yang berlainan dengan kondisi sebenarnya. Untuk memenuhi syarat teknis, maka biasanya dilakukan pengukuran setempat.
- Suatu teknik yang dapat dilakukan untuk melaksanakan pengukuran antena yang berhubungan dengan struktur yang sangat besar adalah dengan modelling skala geometris. Pemakaian modelling ini bertujuan untuk :
 - (1) Dengan medan ukur yang kecil, dapat diakomodasikan pengukuran yang dapat direlasikan dengan struktur yang sangat besar
 - (2) Memungkinkan dilakukannya kontrol eksperimental terhadap pengukuran,
 - (3) Minimisasi biaya yang berhubungan dengan struktur yang sangat besar, dan studi parameter-parameter eksperimental yang sesuai

Where are We ?



- 1 **PENDAHULUAN** 😊
- 2 **PERSYARATAN UMUM PENGUKURAN ANTENA** 😊
- 3 **TEKNIK-TEKNIK PENGUKURAN ANTENA** 😊
- 4 **PENGUKURAN POLA RADIASI** 😊
- 5 **Pengukuran Gain**
- 6 **Pengukuran Impedansi, VSWR, & Bandwidth**
- 7 **Pengukuran Polarisasi**

Pengukuran Pola Radiasi

Pengukuran Pola Radiasi dilakukan pada suatu permukaan bola dengan radius konstan. Sedemikian, bahwa pola radiasi dapat kita duga adalah 3 dimensi. Namun akuisisi pola 3D adalah tidak praktis, sehingga potongan orthogonal diagram arah 2D lebih sering ditampilkan.

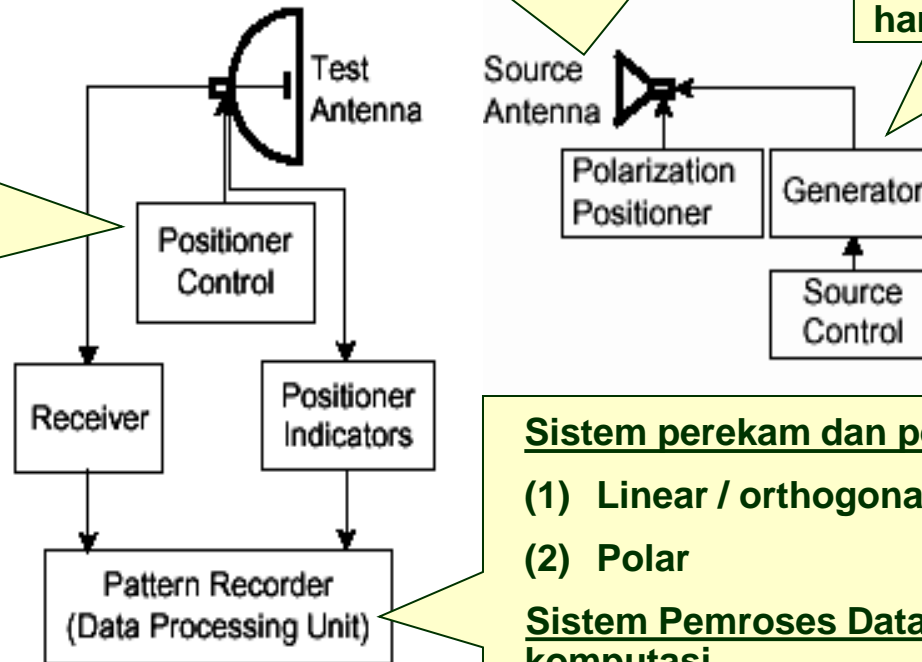
Sistem pengukuran Pola Radiasi

Antena sumber / antena referensi :
 $f < 1 \text{ GHz}$: Log periodik / dipole $\lambda/2$
 $f > 400 \text{ MHz}$: Parabola / Horn dengan bandwidth lebar

Pemancar :
Frekuensi stabil dan dapat dikontrol, spektrum murni (spurious dan harmonisa kecil)

Sistem penempatan dan pengarahannya : berupa suatu penyangga yang dapat diputar (azimuth dan elevasi), dikontrol, dengan indikator posisi

Sistem penerima : bisa sederhana berupa detektor langsung, atau cukup kompleks (heterodyne+PLL, dsb)

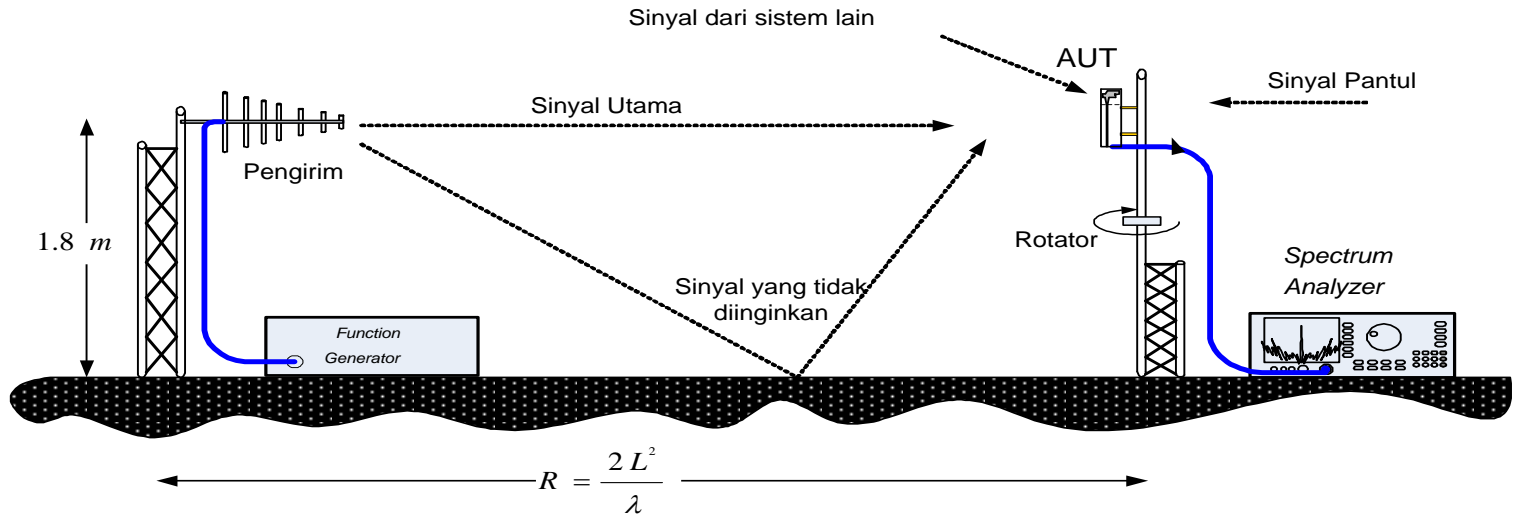


Sistem perekam dan pencatat, ada 2 macam :

- (1) Linear / orthogonal (dpt di-spread) ,
- (2) Polar

Sistem Pemroses Data berfungsi untuk komputasi

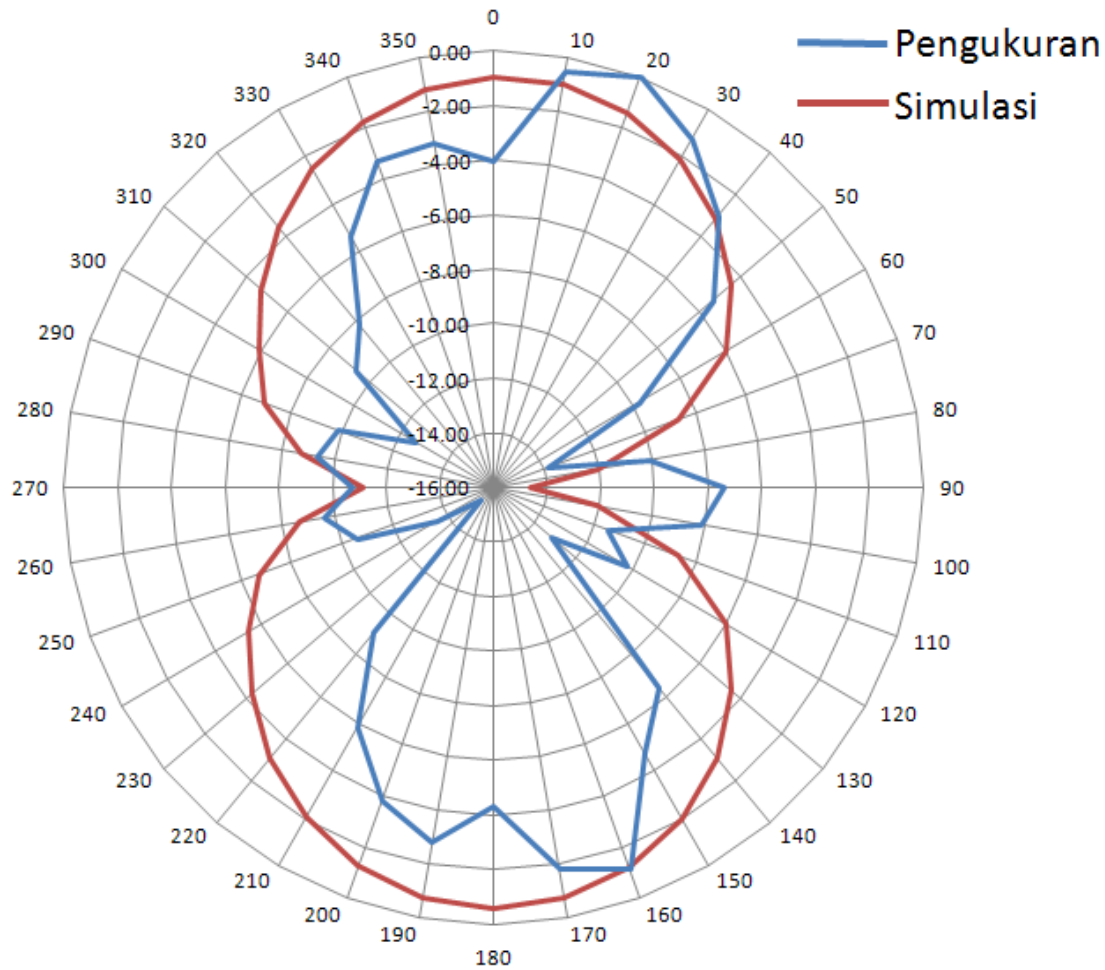
Langkah-langkah Pengukuran Pola Radiasi



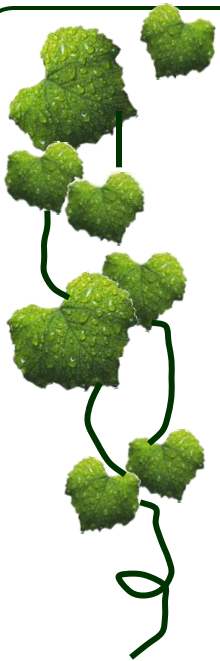
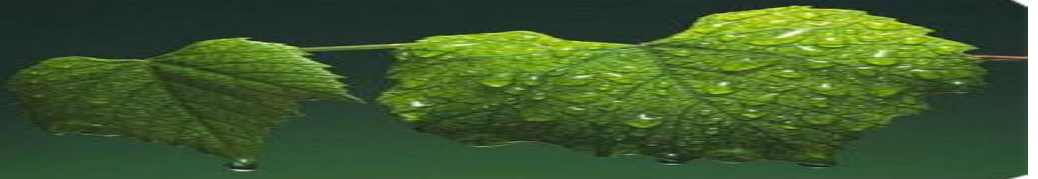
Langkah-langkah pengukuran:

- Hubungkan antenna pemancar ke *sweep generator* dan *Antenna Under Test (AUT)* dihubungkan ke *spectrum analyzer*
- Pengukuran dilakukan di medan jauh antenna
- AUT diputar-putar secara azimuth atau elevasi per 10°
- Catat level terima yang terbaca pada *spectrum analyzer*. Semakin kecil resolusi sudut pemutaran, maka akan semakin terlihat pola radiasinya. Hasil pengukuran dicatat sebanyak dua kali dalam rentang waktu yang sama, tujuan dari ini adalah untuk mencari nilai rata-rata akibat dari fluktuasi level daya yang terus berubah-ubah akibat *multipath*. Hasil rata-rata yang didapatkan akan dinormalisasikan terhadap daya yang terbesar. Normalisasi ini kemudian diplot dan digambarkan sebagai pola radiasi normal dalam skala logaritmis, ini dapat dilihat dalam skala nilai terbesar adalah 0 dB.

Pengukuran Pola Radiasi

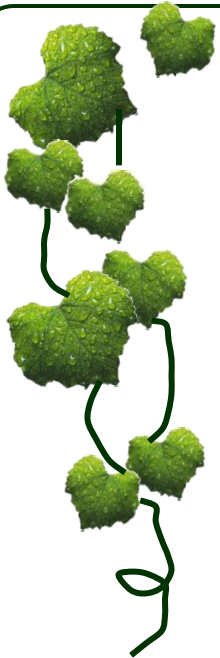


Where are We ?



- 1 ✓ PENDAHULUAN 😊
- 2 ✓ PERSYARATAN UMUM PENGUKURAN ANTENA 😊
- 3 ✓ TEKNIK-TEKNIK PENGUKURAN ANTENA 😊
- 4 ✓ PENGUKURAN POLA RADIASI 😊
- 5 ✓ PENGUKURAN GAIN 😊
- 6 Pengukuran Impedansi, VSWR, & Bandwidth 😊
- 7 Pengukuran Polarisasi 😊

Pengukuran Gain



- Pengukuran gain, secara esensial membutuhkan persyaratan yang sama seperti pada pengukuran diagram arah, namun tidak terlalu sensitif terhadap pantulan dan interferensi EM
- Untuk frekuensi di atas 1 GHz digunakan medan ukur ruang bebas (*free space range*), sedangkan untuk frekuensi antara 0,1 sampai 1 GHz digunakan medan ukur refleksi (*ground reflection range*)
- Pada frekuensi di bawah 0,1 GHz, dimensi antenna menjadi sangat besar dan umumnya gain langsung diukur pada tempat operasinya. Sedangkan untuk frekuensi di bawah 1 MHz (umumnya untuk groundwave), gain tidak biasa diukur dan yang diukur adalah medan listrik yang dihasilkannya.

Metode Pengukuran Gain

Metoda yang dipakai untuk mengukur gain antenna ada beberapa macam, yaitu :

A. Pengukuran absolut

- Dibandingkan terhadap antenna isotropis
- Digunakan untuk kalibrasi standar

- Cara 2 antenna
- Cara 3 antenna
- Ekstrapolasi medan dekat
- Medan refleksi tanah

B. Pengukuran banding / relatif

- Perlu antenna pembanding / referensi
- Estimasi gain untuk antenna referensi :

Dipole $\lambda/2$ G = 2,1 dB (Polarisasi linear, kecuali jika ada pantulan menyebabkan polarisasi eliptik)

Horn piramid $12 \text{ dB} \leq G \leq 25 \text{ dB}$ (Polarisasi eliptik dengan axial ratio AR antara $40 \text{ dB} \leq AR \leq \infty$)

Metoda pengukuran gain



Pengukuran Gain

Metoda 2 Antena (Two-Antenna Method)

- Sering juga disebut sebagai metoda resiprositas (*reciprocity method*)
- Prinsip dasar :
Membandingkan daya yang masuk ke antena Tx dengan daya yang diterima antena Rx dengan konsep Transmisi Friis, setelah jarak antara kedua antena diketahui
- Antena yang digunakan adalah 2 buah antena identik, satu digunakan sebagai antena pemancar dan satu digunakan sebagai antena penerima

$$W_R = W_T G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2$$

$$G_T = G_R = G$$

$$G = \sqrt{\frac{W_R}{W_T}} \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)$$

$$G_{(dBi)} = \frac{1}{2} \left[20 \log \frac{4\pi R}{\lambda} + 10 \log \frac{W_R}{W_T} \right]$$

Pengukuran Gain

Metoda 3 Antena (*Three-Antenna Method*)

- Digunakan jika antena yang diukur tidak identik
- Prinsip dasar :
Membandingkan 3 kombinasi daya yang masuk ke antena Tx dengan daya yang diterima antena Rx dengan konsep *Transmisi Friis*, setelah jarak antara kedua antena diketahui
- Diukur 3 kombinasi antena (1-2), (1-3), dan (2-3)
- Yang diukur adalah : jarak R, λ , dan perbandingan antara daya terima dengan daya kirim

Antena#1 ke Antena#2

$$G_1 + G_2 = \left[20 \log \frac{4\pi R}{\lambda} + 10 \log \frac{W_{R2}}{W_{T1}} \right]$$

Antena#1 ke Antena#3

$$G_1 + G_3 = \left[20 \log \frac{4\pi R}{\lambda} + 10 \log \frac{W_{R3}}{W_{T1}} \right]$$

Antena#2 ke Antena#3

$$G_2 + G_3 = \left[20 \log \frac{4\pi R}{\lambda} + 10 \log \frac{W_{R3}}{W_{T2}} \right]$$

Pengukuran Gain

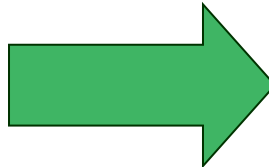
Metoda 3 Antena (*Three-Antenna Method*)

- Sehingga kita akan dapatkan kombinasi persamaan berikut :

$$G_1 + G_2 = A_{(dBi)}$$

$$G_1 + G_3 = B_{(dBi)}$$

$$G_2 + G_3 = C_{(dBi)}$$



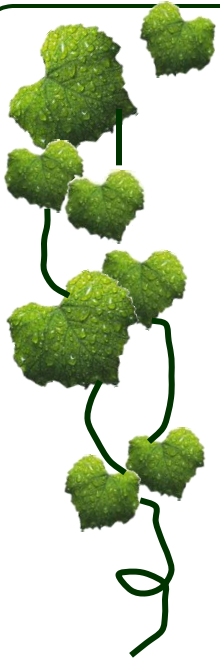
3 persamaan dengan 3 variabel yang tidak diketahui, dapat mudah diselesaikan :

$$G_1 = \frac{A + B - C}{2} (dBi)$$

$$G_2 = \frac{A - B + C}{2} (dBi)$$

$$G_3 = \frac{-A + B + C}{2} (dBi)$$

Pengukuran Gain



Metoda Perbandingan Gain (*Gain-comparison Method*)

- Sering juga disebut sebagai *Gain Transfer Method*
- Prinsip dasar :
Memerlukan antenna referensi yang nilai gainnya sudah pasti diketahui
- Prosedur ini memerlukan 2 kali pengukuran. Pertama antenna yang diukur ditempatkan sebagai penerima dengan polarisasi yang sesuai dan daya yang diterima dicatat. Kemudian antenna referensi diukur juga dengan cara yang sama (polarisasi, orientasi, dan posisi)
- Maka gain absolut terhadap isotropik :

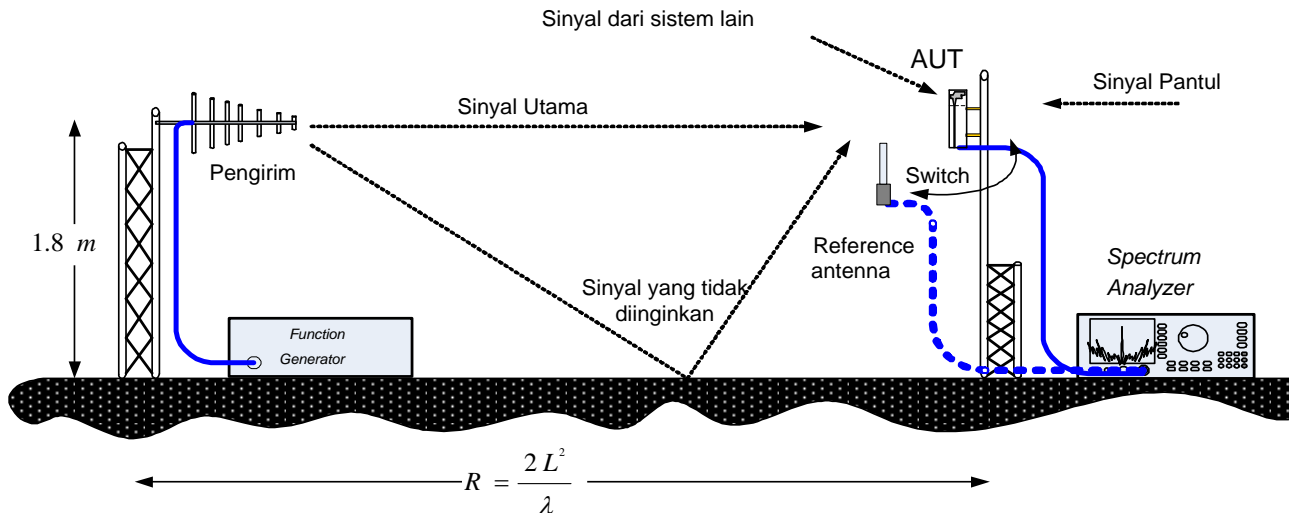
$$G_{\text{AUT}} [\text{dBi}] = G_{\text{REF}} [\text{dBi}] + 10 \log \left(\frac{W_{\text{RX}}}{W_{\text{REF}}} \right) [\text{dBreff}]$$

W_{REF} = daya terima antenna referensi

W_{RX} = daya terima AUT

G_{REF} = gain antenna referensi absolut terhadap isotropik (diketahui)

Langkah-langkah Pengukuran Gain



Prosedur pengukuran gain antenna adalah sebagai berikut :

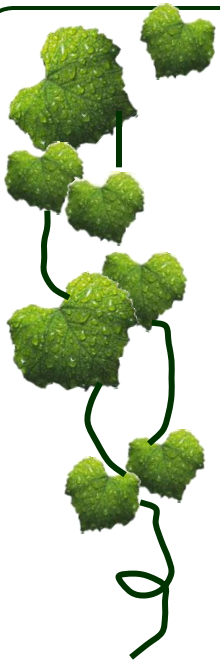
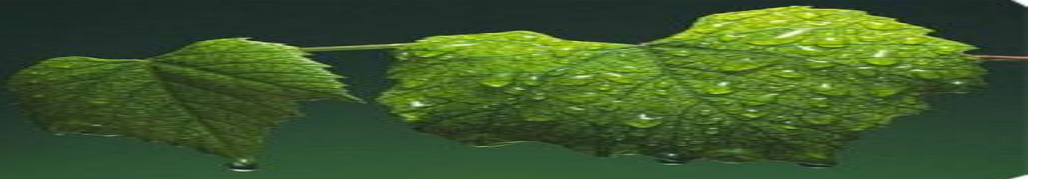
- Antena uji ditempatkan sebagai penerima yang akan menerima daya pancaran dari pemancar. Arahkan pada sumbu utama pola pancarnya. Catat daya yang terbaca pada *spectrum analyzer* (dBm).
- Ganti antena uji dengan antena referensi (misal antena *sleeve dipole* $\lambda/2$ dengan gain 2,14 dBi) . Catat daya yang terbaca pada *spectrum analyzer*.
- Bandingkanlah kedua hasil, kemudian *gain* antena hasil pengukuran dihitung dengan persamaan :

$$\text{dBi} \quad G_{AUT(\text{dBi})} = (P_{AUT(\text{dBm})} - P_{REF(\text{dBm})}) + 2.14$$

dimana :

- $G_{AUT(\text{dbm})}$ = *gain* antena yang diukur
- $P_{AUT(\text{dbm})}$ = level daya terima AUT
- $P_{REF(\text{dbm})}$ = level daya terima antena referensi

Where are We ?



- 1 ✓ PENDAHULUAN 
- 2 ✓ PERSYARATAN UMUM PENGUKURAN ANTENA 
- 3 ✓ TEKNIK-TEKNIK PENGUKURAN ANTENA 
- 4 ✓ PENGUKURAN POLA RADIASI 
- 5 ✓ PENGUKURAN GAIN 
- 6 ✓ PENGUKURAN IMPEDANSI, VSWR, & BANDWIDTH 
- 7 Pengukuran Polarisasi 

Pengukuran Impedansi, VSWR, dan BW

I. Pengukuran Impedansi (dan VSWR)

Pengukuran Impedansi dapat harus tetap memenuhi syarat bahwa antena bebas dari pengaruh sekitarnya (ingat konsep impedansi gandeng) sedemikian, alat ukur pada pengukuran langsung akan memiliki jarak terhadap antena yang diukur.

Impedansi dapat diukur dengan 2 macam cara, yaitu :

- (1) Dari pengukuran SWR / Koefisien Refleksi serta jarak minimum pertama
- (2) Pengukuran langsung dengan menggunakan *Network Analyzer* (Umumnya akan lebih presisi)

Pengukuran Impedansi, VSWR, dan BW

(1) Pengukuran Impedansi (Melalui Pengukuran SWR / Koefisien Refleksi)

Impedansi antenna dihitung dari koefisien refleksi yang terukur pada terminal antenna. Di bawah ini adalah kaitan beberapa pengukuran dengan pengukuran impedansi

Pengukuran

Ukur :

- V_{\max}
- V_{\min}
- Fasa koefisien pantul

Standing Wave Ratio

$$SWR = \frac{|V_{\max}|}{|V_{\min}|}$$

Impedansi Antena

$$Z_A = Z_0 \frac{1 + \bar{\Gamma}}{1 - \bar{\Gamma}} \Big|_{\bar{\Gamma} = |\bar{\Gamma}| \angle \theta_{\Gamma}}$$

Koefisien Pantul

$$|\bar{\Gamma}| = \frac{SWR - 1}{SWR + 1}$$
$$\theta_{\Gamma} = 720^{\circ} \times \left(\frac{d_{vm}}{\lambda} - \frac{1}{4} \right)$$

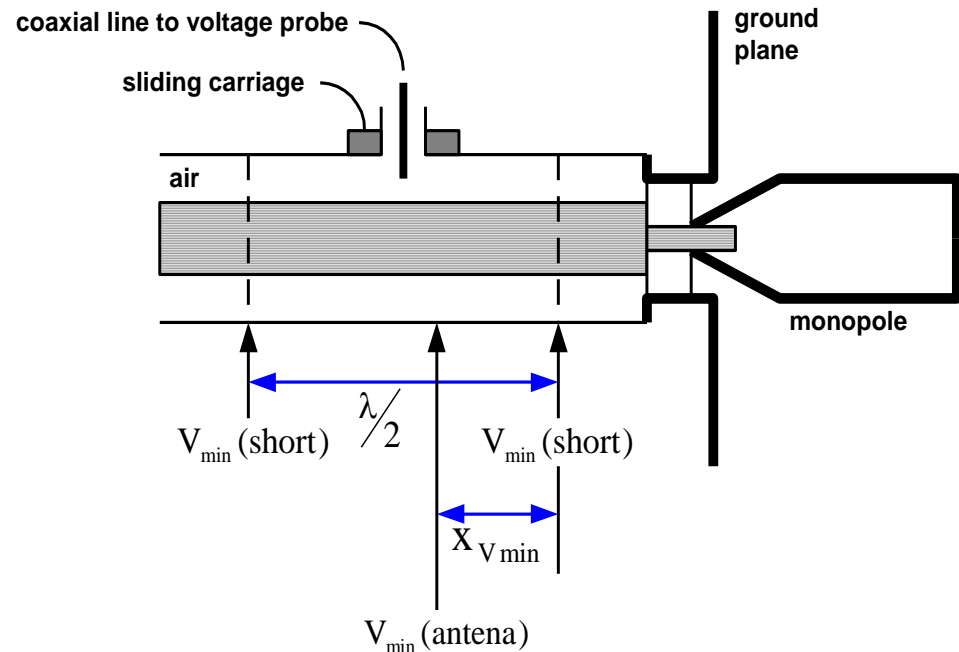
Pengukuran Impedansi, VSWR, dan BW

Sensor koefisien refleksi dapat berupa *Slotted Coax Line* Sedangkan pengukuran koefisien refleksi dihitung dari distribusi tegangan yang diukur sepanjang perangkat tersebut

Slotted Coax Line

- Instrumen sederhana dan murah
- Ada bocoran medan pada celah
- Tidak praktis untuk frekuensi sapu

Slotted coax line



Pengukuran Impedansi, VSWR, dan BW



Pada slotted coax line, pengukuran dilakukan 2 kali :

- Ketika antena dilepas, dibuat short circuit pada terminal beban sehingga dapat dicari 2 posisi tegangan minimum ($V_{\min}(\text{short})$) yang berurutan. Jarak antara kedua posisi tegangan minimum yang berurutan adalah $\frac{1}{2}\lambda$
- Ketika antena dipasang, dapat dicari posisi tegangan minimum $V_{\min}(\text{ant})$ di dalam *slotted line*, maka :

x_{vm} = Selisih jarak antara $V_{\min}(\text{ant})$ | dgn $V_{\min}(\text{short})$ |

dan

$$\theta_{\Gamma} = 720^{\circ} \times \left(\frac{x_{vm}}{\lambda} - \frac{1}{4} \right)$$

λ = panjang gelombang di dalam slotted line

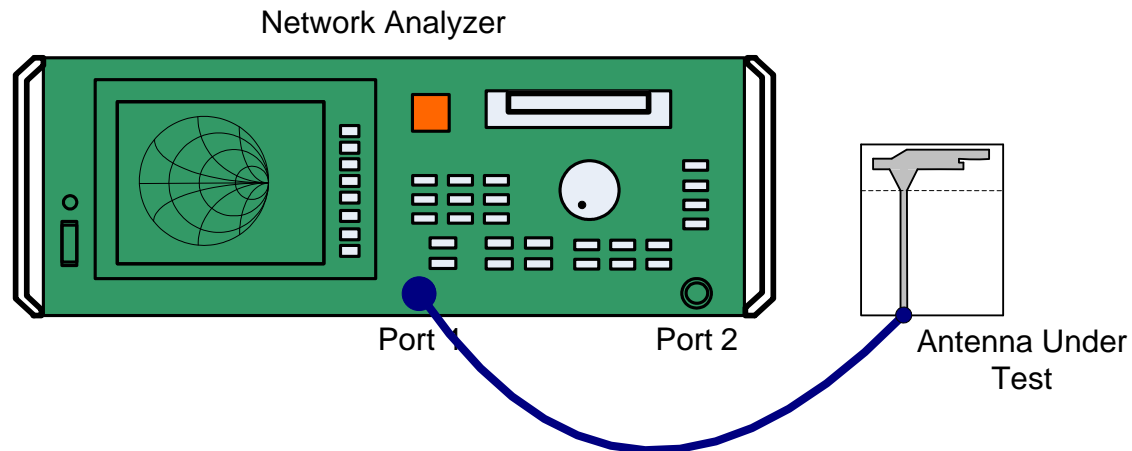
$$\lambda = \frac{v}{f} = k \frac{c}{f} \quad \text{dengan} \quad k = \text{velocity factor}$$

Pengukuran Impedansi, VSWR, dan BW

(2) Pengukuran Impedansi (Cara Langsung)

Pengukuran Impedansi harus tetap memenuhi syarat bahwa antena bebas dari pengaruh sekitarnya.

Pengukuran Langsung bisa menggunakan *Network Analyzer*



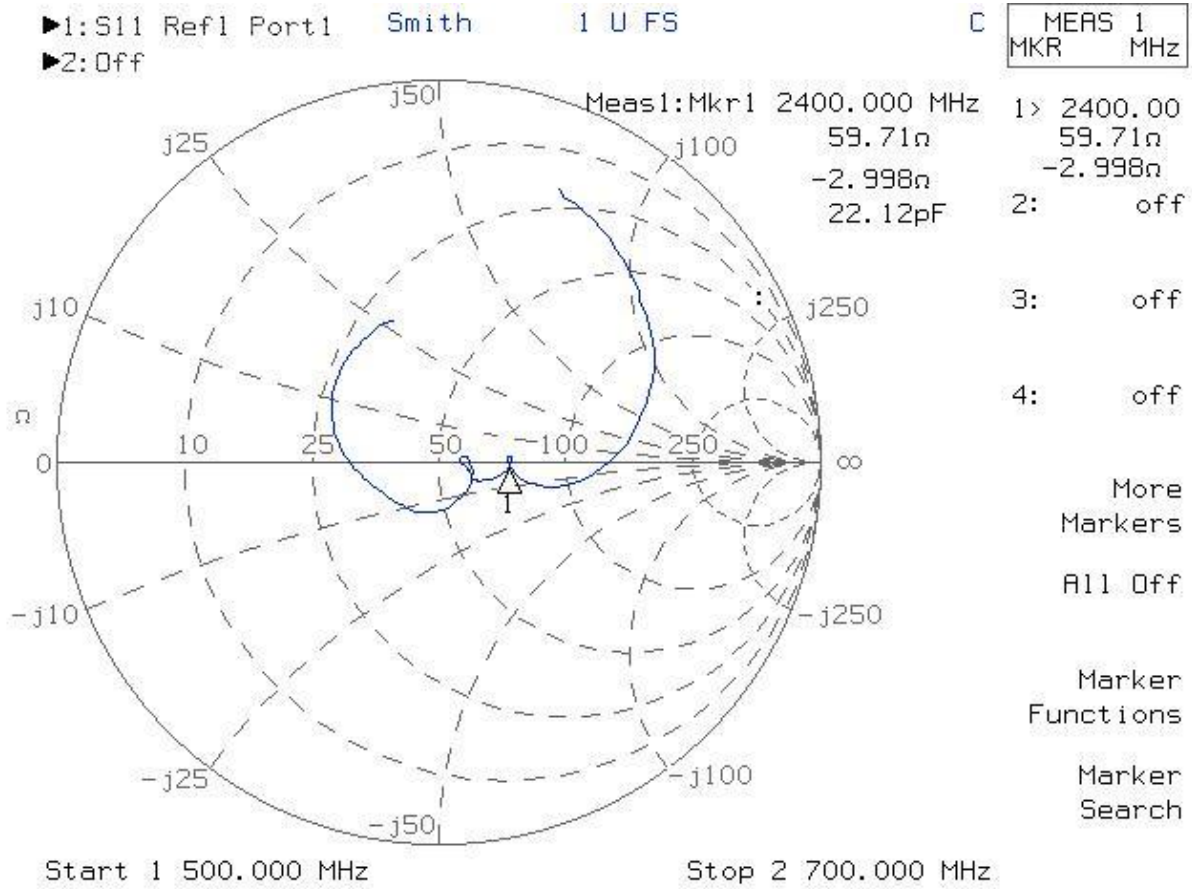
Pengukuran Impedansi, VSWR, dan BW



Prosedur pengukurannya adalah sebagai berikut :

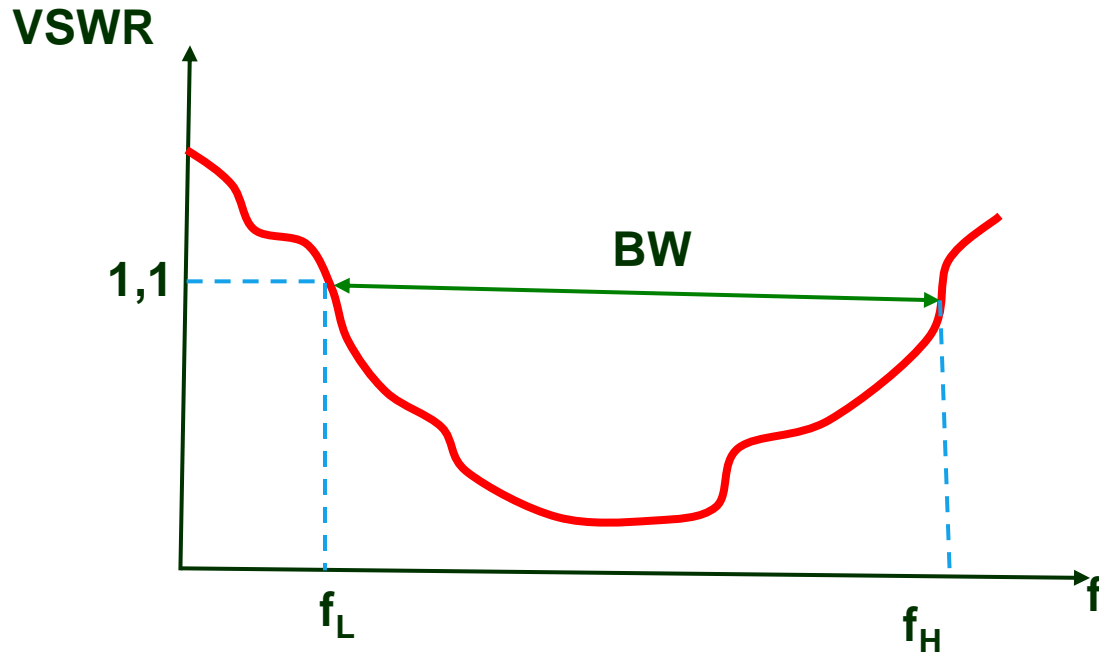
- ❑ Kalibrasi *network analyzer*nya beserta kabel koaxial yang dipergunakan dengan *calibration kit* yang tersedia sehingga nilai return loss mendekati nol untuk semua frekuensi. Langkah kalibrasi ini sangat penting untuk mendapatkan nilai validitas pengukuran sebaik mungkin.
- ❑ Hubungkan antena AUT (*antenna under test*) ke *network analyzer*.
- ❑ Tampilkan masing-masing parameter yang ingin diketahui melalui tombol *format*, kemudian catat serta rekam grafik hasil pengukuran tersebut.
- ❑ Untuk VSWR didapatkan fungsi grafik SWR terhadap frekuensi, sedangkan Impedansi input didapatkan fungsi grafik *smith chart* yang menggambarkan fungsi impedansi terhadap frekuensi

Contoh Tampilan layar NA pengukuran Impedansi



Pengukuran Impedansi, VSWR, dan BW

II. Pengukuran Bandwidth



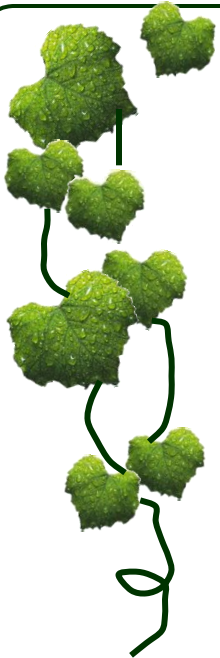
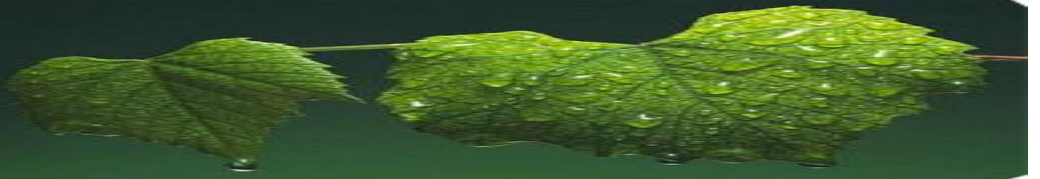
Pengukuran Bandwidth bisa menggunakan *Network Analyzer*

Pengukuran Impedansi, VSWR, dan BW

Contoh Tampilan layar NA pengukuran VSWR dan BW

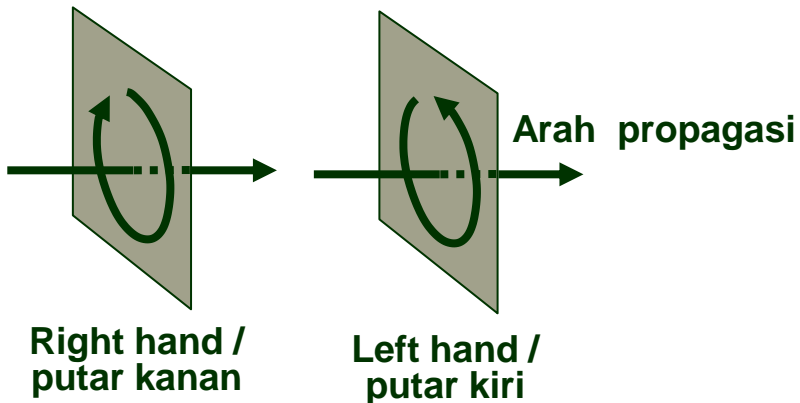
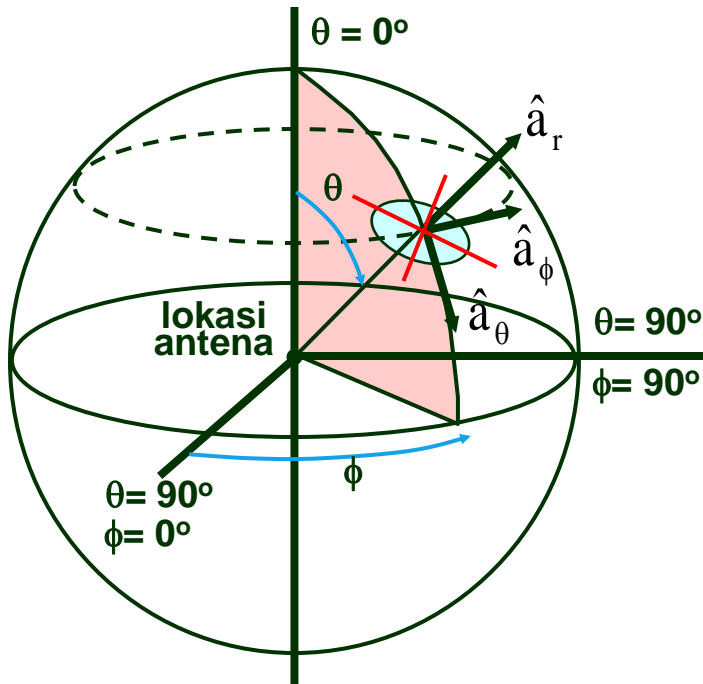


Where are We ?



- 1 ✓ PENDAHULUAN 
- 2 ✓ PERSYARATAN UMUM PENGUKURAN ANTENA 
- 3 ✓ TEKNIK-TEKNIK PENGUKURAN ANTENA 
- 4 ✓ PENGUKURAN POLA RADIASI 
- 5 ✓ PENGUKURAN GAIN 
- 6 ✓ PENGUKURAN IMPEDANSI, VSWR, & BANDWIDTH 
- 7 ✓ PENGUKURAN POLARISASI 

Pengukuran Polarisasi



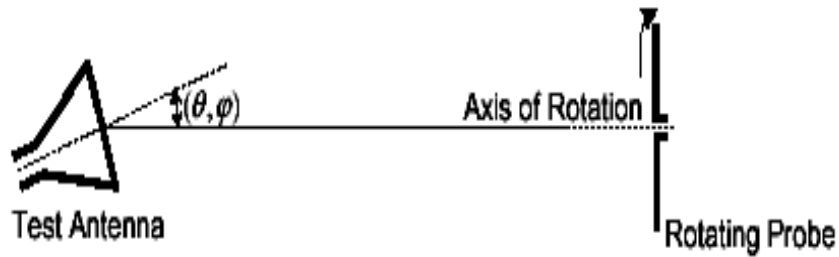
- Polarisasi didefinisikan sebagai “ *Kurva yang dijejaki oleh kuat medan listrik sesaat yang dipancarkan oleh antena pada frekuensi tertentu pada bidang tegak lurus arah radial* “, seperti ditunjukkan gambar di samping !
- Polarisasi biasanya berbentuk ellips dan pada sistem koordinat bola dibentuk oleh komponen medan listrik di arah θ dan ϕ (E_θ dan E_ϕ)
- Umumnya karakteristik polarisasi antena ditentukan oleh : (1) Perbandingan sumbu (*axial ratio* : AR), (2) Arah putar (CW atau CCW) , atau Right Hand (RH) atau Left Hand (LH), dan (3) Sudut condong (tilt angle = τ)

Pengukuran Polarisasi

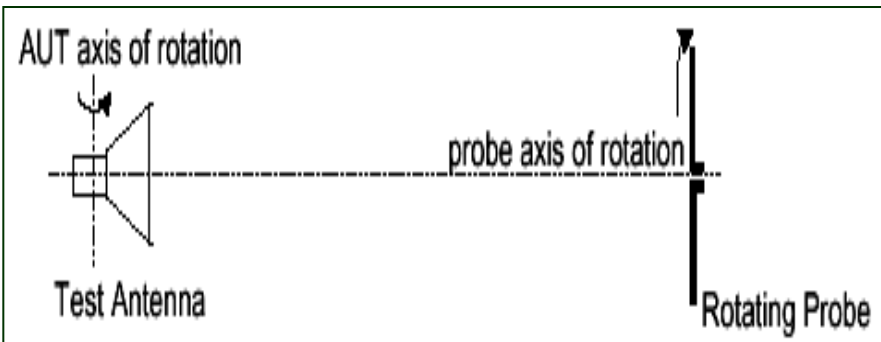


- **Harus diperhatikan, bahwa umumnya polarisasi antena akan tidak sama untuk arah yang berbeda. Sedemikian, polarisasi akan tergantung pada sudut pengamatan.**
- **Metode pengukuran polarisasi dikategorikan atas 3 macam metode :**
 - **Metode parsial** : **Sederhana, tetapi tidak memberikan informasi lengkap dan peralatan yang dibutuhkan cukup konvensional**
 - **Metode perbandingan** : **Memberikan informasi lengkap dan membutuhkan standar polarisasi**
 - **Metode absolut** : **Memberikan informasi lengkap dan tidak membutuhkan standar polarisasi**
- **Metode yang dipilih dalam mengukur polarisasi tergantung kepada : macam antena yang diukur, ketelitian yang disyaratkan, waktu , dan dana yang tersedia.**

Pengukuran Polarisasi



(Polarization pattern method)



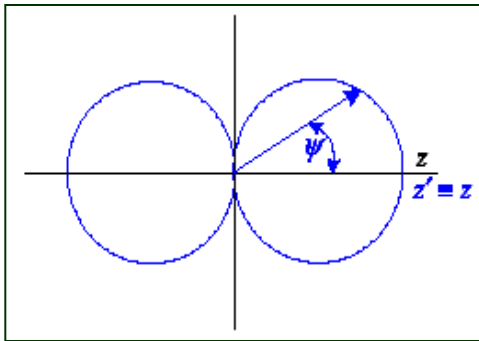
(Axial ratio pattern method)

Axial ratio - pattern method
termasuk salahsatu dari metoda parsial.

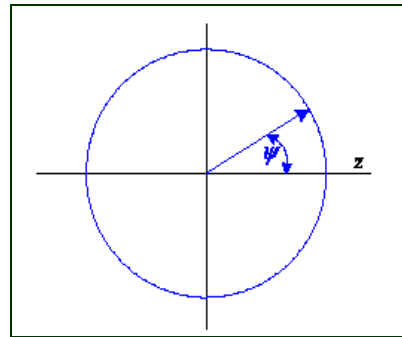
- Salah satu metoda parsial yang cukup populer adalah **Polarization-Pattern Method** yang menghasilkan parameter polarisasi ellips (*axial ratio* dan *tilt angle*)
- Pada metode ini, AUT dapat berada pada receiving mode atau transmitting mode. Sedangkan probe harus terpolarisasi linear (misalnya : dipole) dan pola pancarnya sudah diketahui dengan baik.
- Arah radiasi dispesifikasikan oleh sudut (θ dan ϕ)
- Sinyal pada output probe tergantung dari 2 faktor, yaitu : (1) Polarisasi antenna , dan (2) Sudut rotasi probe.
- Level sinyal diukur dan direkam, versus sudut rotasi. Sehingga pola polarisasi didapatkan dengan memperhatikan arah radiasi.

Polarization-pattern method

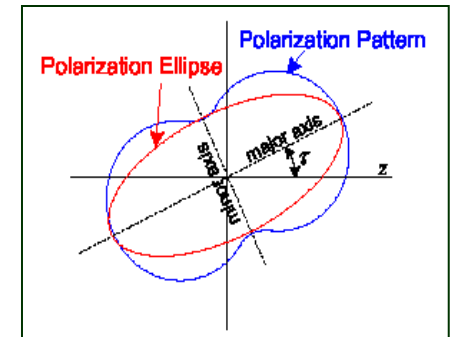
- **Polarisasi Linear**



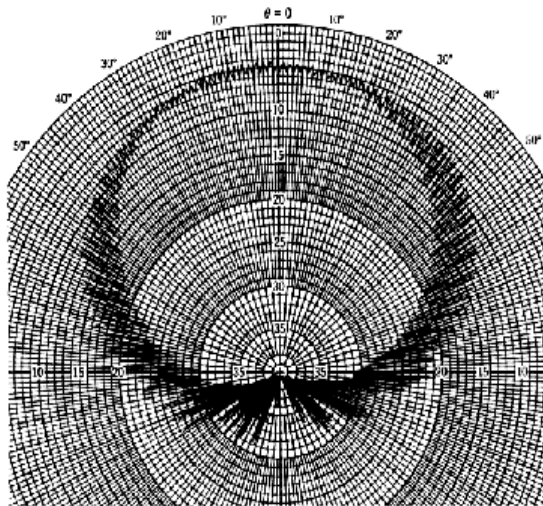
- **Polarisasi Sirkular**



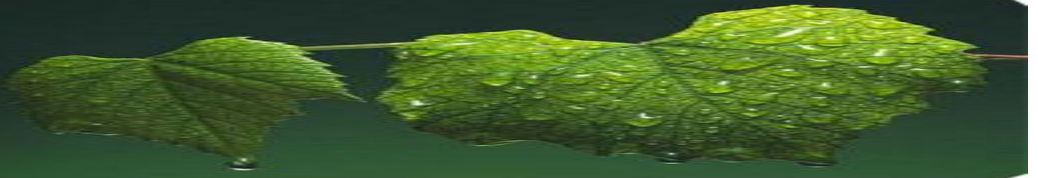
- **Polarisasi Eliptik**



Axial Ratio-pattern method



Contoh hasil pengukuran polarisasi. Gambar menunjukkan polarisasi mendekati polarisasi sirkular



Questions???





Thank You !

